

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 2 月 2 4 日
Date of Application:

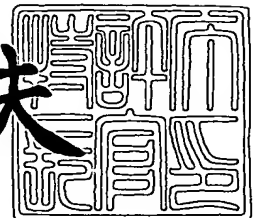
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 4 7 7 5 8
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 4 7 7 5 8]

出 願 人 アルプス電気株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 3 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 2 1 5 1 2

【書類名】 特許願
【整理番号】 P5381
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G11B 5/39
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内
 【氏名】 斎藤 正路
【特許出願人】
 【識別番号】 000010098
 【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100083286
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 三浦 邦夫
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-114189
 【出願日】 平成15年 4月18日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 001971
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0113245

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

所定のシールド間隔をあけて形成した下部シールド層と上部シールド層と、この上下のシールド層の間に位置する、中間に非磁性材料層を有し、該非磁性材料層の上下に固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備え、この巨大磁気抵抗効果素子の膜面に直交する方向に電流が流れる C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

下部シールド層の直上と上部シールド層の直下にそれぞれ、前記巨大磁気抵抗効果素子の固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方に直接接触する、該固定磁性層及びフリー磁性層よりも広い面積で形成された大面積非磁性金属膜を設けたことを特徴とする C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 2】

請求項 1 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記大面積非磁性金属膜は前記シールド間隔の $1/4$ 以上の膜厚で形成され、前記巨大磁気抵抗効果素子は前記シールド間隔の $3/4$ 以下の膜厚で形成されている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 3】

請求項 2 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記大面積非磁性金属膜は、 60 \AA 以上 300 \AA 以下の膜厚で形成されている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記大面積非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料は、Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Cr のうちいずれか 1 種又は 2 種以上であり、さらに該非磁性金属材料中に Cr を含む場合は Cr 含有量が 20 原子%を超えている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 5】

請求項 4 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層の直上の大面積非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料は、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr 又は Cr のいずれかであり、さらに該非磁性金属材料中に Cr を含む場合は Cr 含有量が 20 原子%を超えている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、前記フリー磁性層及び非磁性材料層よりもハイト方向奥側に長く延びて形成されていて、ハイト方向の寸法がトラック幅方向の寸法よりも大きい C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記巨大磁気抵抗効果素子は、前記固定磁性層よりもハイト方向奥側に、該固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を備えている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、前記フリー磁性層及び非磁性材料層よりもトラック幅方向に長く延びて形成されており、前記巨大磁気抵抗効果素子はさらに、この固定磁性層のトラック幅方向の両側部に、該固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を備えている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、前記大面積非磁性金属膜に接する第 1 固定磁性層と前記非磁性材料層に接する第 2 固定磁性層とが非磁性中間層を介して積層された積層フェリ構造をなしており、この第 1 固定磁性層がトラック幅方向に長く延びて形成されていて、前記巨大磁気抵抗

効果素子はさらに、第1固定磁性層のトラック幅方向の両側部に、該第1固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を備えているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項10】

請求項1ないし5のいずれか一項に記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記巨大磁気抵抗効果素子は反強磁性層を備えず、前記固定磁性層は、磁歪定数が正の値をとる磁性材料又は保磁力の大きい磁性材料により形成され、記録媒体との対向面側の端面が開放されているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項11】

請求項9記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第2固定磁性層の一部又は全部が、 Fe-Co-Cu （ただし、 $\text{Fe} > 10$ 原子%、 $\text{Co} > 30$ 原子%、 $\text{Cu} > 5$ 原子%）、 Fe-Co-Cu-X （ただし、 X は Pt 、 Pd 、 Mn 、 Si 、 Au 、 Ag のいずれか1種又は2種以上の元素である）、又は Co_2MnY （ただし、 Y は Ge 、 Si 、 Sn 、 Al のいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項12】

請求項1ないし11のいずれか一項に記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記フリー磁性層の一部又は全部が、 Fe-Co-Cu （ただし、 $\text{Fe} > 10$ 原子%、 $\text{Co} > 30$ 原子%、 $\text{Cu} > 5$ 原子%）、 Fe-Co-Cu-X （ただし、 X は Pt 、 Pd 、 Mn 、 Si 、 Au 、 Ag のいずれか1種又は2種以上の元素である）、又は Co_2MnY （ただし、 Y は Ge 、 Si 、 Sn 、 Al のいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項13】

請求項1ないし12のいずれか一項に記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記大面積非磁性金属膜の間であって前記巨大磁気抵抗効果素子の両側部には、ハードバイアス層と、このハードバイアス層と前記大面積非磁性金属膜の間を埋める絶縁膜とが形成されているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 CPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド

【技術分野】

【0001】

本発明は、膜厚方向（膜面に直交する方向）にセンス電流が流れるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドに関する。

【背景技術】

【0002】

ハードディスク装置や磁気センサなどに用いられる巨大磁気抵抗効果（GMR）素子は、素子を構成する各層の膜面に対して平行な方向にセンス電流が流れるCIP（Current In the Plane）型と、素子を構成する各層の膜面に対して垂直な方向にセンス電流が流れるCPP（Current Perpendicular to the Plane）型とに大別することができる。

【0003】

図8は、従来のCPP-GMR素子を用いたCPP-GMRヘッドの構造を示す縦断面図である。CPP-GMRヘッド100は、図示X方向に長く延びて形成された下部シールド層110、下部シールド層110の図示X方向の中央部上に形成された下部非磁性金属膜120、この下部非磁性金属膜120上に積層形成されたフリー磁性層131、非磁性金属材料層132、固定磁性層133、反強磁性層134及び上部非磁性金属膜140、この上部非磁性金属膜140の上に図示X方向に長く延びて形成された上部シールド層150、フリー磁性層131の一部及び非磁性材料層132の両側部に接して形成されたハードバイアス層163、及びハードバイアス層163と下部シールド層110及び上部シールド層150との間を埋める絶縁膜161、164を有している。なお、ハードバイアス層163と絶縁層161の間にはバイアス下地層162が備えられている。

【0004】

【特許文献1】 特開2000-123325号公報

【特許文献2】 特開2001-266313号公報

【特許文献3】 特開2001-307307号公報

【特許文献4】 特開2002-232040号公報

【特許文献5】 特開2003-14168号公報

【特許文献6】 特開2002-305338号公報

【特許文献7】 特開2002-319112号公報

【特許文献8】 米国特許第6023395号

【特許文献9】 米国特許第6052263号

【特許文献10】 米国特許第6259586号

【特許文献11】 米国特許第6330136号

【特許文献12】 米国特許第6501626号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記構成のCPP-GMRヘッドでは、下部シールド層110及び上部シールド層150が電極膜を兼ねており、下部シールド層110及び上部シールド層150にも電流が流れる。この下部シールド層110及び上部シールド層150は、周知のように、例えばNiFeのような軟磁性材料によって形成されている。よって、下部シールド層110及び上部シールド層150にセンス電流が流れると、AMR（異方性磁気抵抗）効果が生じ、下部シールド層110及び上部シールド層150の抵抗値が増減する。この抵抗変化は、ヘッドの出力に対してノイズとなってしまう。

【0006】

特に、電流密度の高い範囲ではAMR効果によるノイズが大きくなってしまい、問題となっている。例えば図示例では、センス電流の出入口となる範囲（下部シールド層110と下部非磁性金属膜120が接触している範囲、及び上部シールド層150と上部非磁性

金属膜 140 が接触している範囲) で電流密度が高くなっている。

【0007】

上記 AMR 効果によるノイズを低減させるには、AMR 効果の小さいシールド材料を用いて下部シールド層 110 及び上部シールド層 150 を形成することが考えられるが、AMR 効果の小さいシールド材料では、十分な磁気シールド効果が得られない。

【0008】

また上記構成の CPP-GMR ヘッドでは、例えば PtMn により形成される反強磁性層 134 にもセンス電流が流れる。反強磁性層 134 は、比抵抗が約 $200 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度であり、非磁性金属膜 120、140 やフリー磁性層 131、固定磁性層 133 に比して非常に大きい。また反強磁性層 134 は、反強磁性特性を保持するために厚く形成する必要がある、例えば上下のシールド層間隔が 600 \AA 程度であるとき、反強磁性層 134 の膜厚は 200 \AA 程度とされる。このように比抵抗の大きい反強磁性層 134 が厚く設けられていると、反強磁性層 134 の抵抗が大きく、センス電流が流れることによって反強磁性層 134 が発熱する。この発熱 (ジュール熱) により、ヘッド全体の温度が高くなるため、ヘッドの信頼性や高周波特性を悪化させている。また反強磁性層 134 が厚いと、上下のシールド間隔を狭くすることが難しく、高記録密度化に不利になっている。

【0009】

なお、CIP-GMR ヘッドでは、センス電流が反強磁性層には 1 割程度しか流れず、シールド層には全く流れないため、上述のような問題は生じていない。

【0010】

本発明は、シールド層の AMR 効果によるノイズとジュール熱を低減可能な CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、大面積非磁性金属膜を厚い膜厚で広い範囲に設ければシールド層と非磁性金属膜の界面におけるセンス電流の集中を緩和できること、及び、センス電流の流れる範囲から反強磁性層をなくせば、非磁性金属膜を厚く形成することができ、さらにセンス電流を流しても反強磁性層が発熱せず、素子抵抗が下がってヘッド動作時に発生するジュール熱も大幅に低減されることに着目したものである。

【0012】

すなわち、本発明は、所定のシールド間隔をあけて形成した下部シールド層と上部シールド層と、この上下のシールド層の間に位置する、中間に非磁性材料層を有し、該非磁性材料層の上下に固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備え、この巨大磁気抵抗効果素子の膜面に直交する方向に電流が流れる CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、下部シールド層の直上と上部シールド層の直下にそれぞれ、上記巨大磁気抵抗効果素子の固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方に直接接触する、該固定磁性層及びフリー磁性層よりも広い面積で形成された大面積非磁性金属膜を設けたことを特徴としている。

【0013】

大面積非磁性金属膜は、センス電流の集中を十分に緩和できるように、シールド間隔の $1/4$ 以上の膜厚で形成されていることが好ましい。この場合、結果的に巨大磁気抵抗効果素子は、シールド間隔の $3/4$ 以下の膜厚で形成される。具体的に例えば、シールド間隔が 480 \AA 以上 800 \AA 以下であるとき、大面積非磁性金属膜は、 60 \AA 以上 300 \AA 以下の膜厚で形成されていることが好ましい。

【0014】

大面積非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料は、シールド材料よりも比抵抗が小さい材料であり、具体的には、例えば Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Cr のうちいずれか 1 種もしくは 2 種以上であることが好ましい。特に非磁性金属材料中に Cr を含む場合には、Cr 含有量が 20 原子%を超えていることが好ましい。この大面積非磁性金属膜は、単層膜であっても積層膜であってもよい。

。

【0015】

下部シールド層の直上に形成される大面積非磁性金属膜は、巨大磁気抵抗効果素子のシード層として機能させることができる。大面積非磁性金属膜をシード層として機能させる場合には、大面積非磁性金属膜が Ta/Cu 、 $\text{Ta}/\text{Ru}/\text{Cu}$ 、 Ta/Cr 、 $\text{Ta}/\text{Ni}-\text{Cr}$ 、 $\text{Ta}/(\text{Ni}-\text{Fe})-\text{Cr}$ 又は Cr によって形成されていることが好ましく、該形成材料中に Cr を含む場合には Cr 含有量が 20 原子%を超えていることが好ましい。

【0016】

固定磁性層の磁化方向を固定するためには、以下のような態様が可能である。

【0017】

まず第1の態様としては、固定磁性層がフリー磁性層及び非磁性材料層よりもハイト方向奥側に長く延びて形成されていて、そのハイト方向の寸法がトラック幅方向の寸法よりも大きくなっていることが好ましい。この態様によれば、固定磁性層の形状異方性を利用して固定磁性層の磁化方向を安定化させることができる。これにより、固定磁性層の磁化方向を固定するための反強磁性層を備える必要がなくなる。反強磁性層が備えられていなければ、巨大磁気抵抗効果素子にセンス電流を流したときに発生するジュール熱を大幅に低減することができる。

【0018】

第2の態様としては、固定磁性層よりもハイト方向奥側に、該固定磁性層の磁化方向を固定するための反強磁性層を備えていることが好ましい。

【0019】

第3の態様としては、固定磁性層がフリー磁性層及び非磁性材料層よりもトラック幅方向に長く延びて形成されていて、この固定磁性層のトラック幅方向の両側部に、該固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を備えていることが好ましい。このとき、固定磁性層を第1固定磁性層、非磁性中間層、第2固定磁性層からなる積層フェリ構造で形成する場合には、第1固定磁性層のみをトラック幅方向に長く延ばして形成し、この第1固定磁性層のトラック幅方向の両側端部に、反強磁性層を備えることができる。

【0020】

上記第2及び第3の態様によれば、巨大磁気抵抗効果素子外に反強磁性層が備えられているので、巨大磁気抵抗効果素子にセンス電流を流しても該センス電流が反強磁性層を流れることはない。これにより、反強磁性層が発熱することがないので、ヘッド動作時に発生するジュール熱を大幅に低減することができる。また、反強磁性層と固定磁性層の間に生じる交換結合磁界により固定磁性層の磁化を強固に固定することができる。

【0021】

第4の態様としては、巨大磁気抵抗効果素子は反強磁性層を備えず、固定磁性層は、磁歪定数が正の値をとる磁性材料又は保磁力の大きい磁性材料により形成され、記録媒体との対向面側の端面が開放されていることが好ましい。この場合、固定磁性層に対して二次元的に且つ等方的に加わっていた応力の対称性が崩れることから、固定磁性層にはハイト方向に平行な方向に一軸性の引張り応力が加えられる。この逆磁歪効果により、固定磁性層の磁化方向はハイト方向に平行な一軸方向で安定化する。この態様によっても、巨大磁気抵抗効果素子にセンス電流を流したときに発生するジュール熱を大幅に低減することができる。

【0022】

第2固定磁性層の一部又は全部は、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Cu}$ （ただし、 $\text{Fe} > 10$ 原子%、 $\text{Co} > 30$ 原子%、 $\text{Cu} > 5$ 原子%）、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Cu}-\text{X}$ （ただし、 X は Pt 、 Pd 、 Mn 、 Si 、 Au 、 Ag のいずれか1種又は2種以上の元素である）、又は Co_2MnY （ただし、 Y は Ge 、 Si 、 Sn 、 Al のいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成することができる。

【0023】

フリー磁性層の一部又は全部が、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Cu}$ （ただし、 $\text{Fe} > 10$ 原子%、 $\text{Co} > 30$ 原子%、 $\text{Cu} > 5$ 原子%）、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Cu}-\text{X}$ （ただし、 X は Pt 、 Pd 、 Mn 、 Si 、 Au 、 Ag のいずれか1種又は2種以上の元素である）、又は Co_2MnY （ただし、 Y は Ge 、 Si 、 Sn 、 Al のいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成することができる。

【0024】

以上のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、大面積非磁性金属膜の間であって巨大磁気抵抗効果素子の両側部には、ハードバイアス層と、このハードバイアス層と大面積非磁性金属膜の間を埋める絶縁膜とが形成されていることが实际的である。

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、下部シールド層の直上と上部シールド層の直下に、フリー磁性層及び固定磁性層よりも大面積の大面積非磁性金属膜が一定以上の膜厚でそれぞれ存在するので、上下シールド層におけるセンス電流の集中が緩和され、上下シールド層のAMR効果によるノイズを低減可能である。

【0026】

また本発明によれば、巨大磁気抵抗効果素子よりもハイト方向奥側に、固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層が備えられているので、巨大磁気抵抗効果素子にセンス電流を流しても反強磁性層は発熱せず、ジュール熱の発生を低減することができる。これにより、素子温度の上昇が抑制されて信頼性が向上する。また本発明の別の態様によれば、固定磁性層の磁化方向を固定するための反強磁性層を備えず、固定磁性層の形状異方性又は逆磁歪効果により該固定磁性層の磁化方向を安定化させるので、この態様によってジュール熱の発生を低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、図面に基づいて本発明を説明する。各図において、 X 方向はトラック幅方向、 Y 方向は記録媒体からの漏れ磁界方向、 Z 方向は記録媒体の移動方向及び巨大磁気抵抗効果素子を構成する各層の積層方向である。

【0028】

図1～図5は、本発明によるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMRヘッド）の第1実施形態を示している。図1はCPP-GMRヘッド1の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図2はGMR素子30を上から見て示す模式平面図、図3はCPP-GMRヘッド1の構造を素子中央（図1のIII-III線）で切断して示す部分断面図である。

【0029】

CPP-GMRヘッド1は、図示 Z 方向に所定のシールド間隔 $R-GL$ をあけて形成された下部シールド層10と上部シールド層50の間に、下部大面積非磁性金属膜20、巨大磁気抵抗効果を発揮するGMR素子30及び上部大面積非磁性金属膜40を有している。

【0030】

下部シールド層10及び上部シールド層50は、磁気シールドと電極としての機能を有し、図1～図3に示すように、GMR素子30よりも十分に広い面積で形成されている。この下部シールド層10及び上部シールド層50は、十分な磁気シールド効果が得られる軟磁性材料、例えば NiFe により、約 $1\mu\text{m}$ 程度の膜厚で形成されている。

【0031】

下部大面積非磁性金属膜20は、下部シールド層10の直上に形成されたギャップ層であり、電極として及びGMR素子30を規則的に形成するためのシード層としても機能する。上部大面積非磁性金属膜40は、上部シールド層50の直下に位置するギャップ層であり、上部シールド層50と共に電極としても機能する。

【0032】

下部大面積非磁性金属膜 20 及び上部大面積非磁性金属膜 40 は、GMR 素子 30 の上面（第 2 固定磁性層 33c）と下面（フリー磁性層 31）に直接接しており、図 1 及び図 2 に示すように GMR 素子 30 よりも十分広く、下部シールド層 10 及び上部シールド層 50 とほぼ同じ面積を有している。

【0033】

この下部大面積非磁性金属膜 20 及び上部大面積非磁性金属膜 40 は、下部シールド層 10 及び上部シールド層 50 よりも比抵抗が小さい非磁性金属材料で形成されている。具体的には、例えば Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Cr のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素により形成されることが好ましく、形成材料中に Cr が含まれる場合は Cr 含有量が 20 原子%を超えているとよい。これら大面積非磁性金属膜 20、40 は、単層膜であっても積層膜であってもよい。下部大面積非磁性金属膜 20 は、GMR 素子 30 のシード層としても機能させるため、例えば Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr 又は Cr のいずれかによって形成されている。本実施形態では、Ta/Cr による 2 層構造で下部大面積非磁性金属膜 20 が形成されている。

【0034】

上記下部大面積非磁性金属膜 20 及び上部大面積非磁性金属膜 40 は、シールド間隔 R-GL の $(1/4)$ 以上となる膜厚で形成される。例えば、シールド間隔 R-GL が $480 \sim 800 \text{ \AA}$ であるとき、大面積非磁性金属膜 20、40 の膜厚 t_{20} 、 t_{40} は $60 \sim 300 \text{ \AA}$ であることが好ましい。この範囲内であれば、大面積非磁性金属膜 20、40 の比抵抗を、シールド層 10、50 の構成材料である NiFe の $1/5 \sim 1/10$ 程度まで低減することができる。すなわち、大面積非磁性金属膜 20、40 の膜厚が $60 \sim 300 \text{ \AA}$ であるときのシート抵抗は、NiFe 膜が $300 \sim 3000 \text{ \AA}$ の膜厚で形成されている場合のシート抵抗に相当する。よって、センス電流は大面積非磁性金属膜 20、40 を流れやすく、大面積非磁性金属膜 20、40 とシールド層 10、50 との境界面でセンス電流の集中を緩和することができる。これにより、下部シールド層 10 及び上部シールド層 50 の AMR 効果による抵抗変化は小さく抑えられる。なお、下部大面積非磁性金属膜 20 の膜厚 t_{20} と上部大面積非磁性金属膜 40 の膜厚 t_{40} は、同一であっても異なってもよい。

【0035】

GMR 素子 30 は、図 1 に示されるようにトラック幅方向（図示 X 方向）においてシールド層 10、50 及び大面積非磁性金属膜 20、40 のほぼ中央部に位置しており、上下面が大面積非磁性金属膜 20、40 によって挟まれている。この GMR 素子 30 は、大面積非磁性金属膜 20、40 がシールド間隔 R-GL の $(1/4)$ 以上の膜厚で形成されているため、シールド間隔 R-GL の $(3/4)$ 以下となる膜厚で形成されている。

【0036】

GMR 素子 30 は、下部大面積非磁性金属膜 20 側から順にフリー磁性層 31、非磁性材料層 32 及び固定磁性層 33 を有している。図 2 及び図 3 に示されるように、GMR 素子 30（厳密にはフリー磁性層 31 及び非磁性材料層 32）よりもハイト方向（図示 Y 方向）奥側には、固定磁性層 33 の磁化方向を固定するための反強磁性層 34 が備えられている。フリー磁性層 31、非磁性材料層 32 及び固定磁性層 33 は、ハイト方向の寸法が同一（ h_1 ）である。図 1 及び図 2 に示す記録媒体との対向面（ABS 面）には、下部大面積非磁性金属膜 20、フリー磁性層 31、非磁性材料層 32、固定磁性層 33 及び上部大面積非磁性金属膜 40 が露出し、反強磁性層 34 は露出しない。なお、GMR 素子 30 は、図示例とは上下を逆にして、下から固定磁性層、非磁性材料層及びフリー磁性層の順番で積層形成されていてもよい。

【0037】

固定磁性層 33 は、磁性材料により形成された第 1 固定磁性層 33c 及び第 2 固定磁性層 33a と、これらの間に位置させて非磁性材料により形成された非磁性中間層 33b とからなる積層フェリ構造で形成されている。

【0038】

第1固定磁性層33cは、ハイト方向（図示Y方向）奥側端面で反強磁性層34と接している。反強磁性層34は、第1固定磁性層33cのハイト方向奥側端面との間に交換結合磁界を生じさせ、この交換結合磁界により第1固定磁性層33cの磁化方向をハイト方向に固定している。第1固定磁性層33cと第2固定磁性層33aは、非磁性中間層33bを介したRKKY的相互作用により、互いに磁化が反平行状態となっている。すなわち、第2固定磁性層33aの磁化方向はハイト方向と反平行方向になっている。

【0039】

第1固定磁性層33c及び第2固定磁性層33aは、その一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されている。この第1固定磁性層33c及び第2固定磁性層33aの膜厚は、例えば10～70Å程度である。非磁性中間層33bは、第1固定磁性層33cと第2固定磁性層33aの間にRKKY的相互作用がはたらく材質及び膜厚で形成される。本実施形態の非磁性中間層33bは、例えばRuにより3～10Å程度の膜厚で形成されている。なお、固定磁性層33は、積層フェリ構造ではなく、磁性膜による単層構造または積層構造であってもよい。

【0040】

反強磁性層34は、元素Z（ただし元素Zは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうち1種または2種以上の元素である）とMnとを含有する反強磁性材料で形成されることが好ましい。あるいは、元素Zと元素Z'（ただし元素Z'は、Ne、Ar、Kr、Xe、Be、B、C、N、Mg、Al、Si、P、Ti、V、Cr、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Nb、Mo、Ag、Cd、Sn、Hf、Ta、W、Re、Au、Pb、及び希土類元素のうち1種又は2種以上の元素である）とMnとを含有する反強磁性材料により形成されることが好ましい。これら反強磁性材料は、耐食性に優れていてブロッキング温度も高く、反強磁性層34と第1固定磁性層33cの界面で大きな交換結合磁界を発生させることができる。反強磁性層34は、80Å以上で300Å以下の膜厚で形成されることが好ましく、本実施形態では約150Åの膜厚で形成されている。

【0041】

非磁性材料層32は、電気抵抗の低い導電材料によって形成されることが好ましく、本実施形態では例えばCuにより形成されている。この非磁性材料層32は、例えば25Å程度の膜厚で形成される。フリー磁性層31は、その一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されている。フリー磁性層31の膜厚は、例えば100Å程度である。このフリー磁性層31は、磁性膜による単層構造をなしているが、磁性膜による積層構造とすることも積層フェリ構造とすることも可能である。フリー磁性層31及び非磁性材料層32の両側部には、トラック幅方向に磁化されているハードバイアス層63が接している。このハードバイアス層63とGMR素子30との間には、第1絶縁層61又は第2絶縁層64が数Å～数十Å程度介在していてもよい。フリー磁性層31の磁化は、ハードバイアス層63の縦バイアス磁界によって、トラック幅方向（図示X方向）に揃えられている。図1の矢印方向は、フリー磁性層31の磁化方向である。

【0042】

また大面積非磁性金属膜20、40の間には、GMR素子30のトラック幅方向の両側部に位置させて、下から順に第1絶縁層61、バイアス下地層62、上述のハードバイアス層63、第2絶縁層64が積層形成されている。

【0043】

第1絶縁層61及び第2絶縁層64は、例えばAl₂O₃やSiO₂などの絶縁材料で形

成され、ハードバイアス層 63（及びハードバイアス下地層 62）と大面積非磁性金属膜 20、40の間を埋めている。すなわち、第1絶縁層 61は、フリー磁性層 31の両側部の一部に接する膜厚で、下部大面積非磁性金属膜 20の上に形成されている。第2絶縁層 64は、固定磁性層 33の両側部に接する膜厚で、ハードバイアス層 63の上に形成されている。

【0044】

バイアス下地層 62は、ハードバイアス層 63の特性（保磁力 H_c 、角形比 S ）を向上させ、ハードバイアス層 63から発生するバイアス磁界を増大させるために設けられている。バイアス下地層 62は、体心立方構造（bcc構造）の金属膜で形成されることが好ましく、具体的には Cr、W、Mo、V、Mn、Nb、Ta のいずれか1種または2種以上の元素で形成されることが好ましい。このバイアス下地層 62は、ハードバイアス層 63の下側のみに形成されていることが好ましいが、フリー磁性層 31の両側部とハードバイアス層 63との間に若干介在していてもよい。フリー磁性層 31の両側部とハードバイアス層 63の間に形成されるバイアス下地層 62のトラック幅方向における膜厚は、1 nm以下であることが好ましい。バイアス下地層 62が介在していれば、ハードバイアス層 63とフリー磁性層 31とを磁氣的に連続体にすることができ、フリー磁性層 31の端部が反磁界の影響を受けるバックリング現象を防止することができ、フリー磁性層 31の磁区制御が容易になる。

【0045】

以上の全体構成を有する CPP-GMRヘッド 1は、センス電流が GMR素子 30の膜面に対して垂直方向（膜厚方向）に流れたとき、GMR素子 30の巨大磁気抵抗効果を利用して記録媒体からの漏れ磁界を検出することができる。図4に示す矢印は、上部シールド層 50側から下部シールド層 10側に向かってセンス電流を流した場合に生じる電流経路を示している。

【0046】

図4に示されるように、上部シールド層 50に与えられたセンス電流は、その大部分が上部シールド層 50よりも比抵抗の小さい上部大面積非磁性金属膜 40に流れ込む。上部大面積非磁性金属膜 40に流れ込んだセンス電流は、上部大面積非磁性金属膜 40が GMR素子 30よりも広い範囲に存在しているため、該上部大面積非磁性金属膜 40内を膜面に対して平行に流れ、上部大面積非磁性金属膜 40と固定磁性層 33の界面から該 GMR素子 30の膜面に直交する方向（膜厚方向）に流れた後、フリー磁性層 31と下部大面積非磁性金属膜 20の界面から下部大面積非磁性金属膜 20に入る。下部大面積非磁性金属膜 20内に入ったセンス電流は、下部大面積非磁性金属膜 20の比抵抗が下部シールド層 50よりも小さく且つ下部大面積非磁性金属膜 20が GMR素子 30よりも広い範囲に存在しているため、その大部分が比抵抗のより小さい下部大面積非磁性金属膜 20内を膜面に対して平行に流れ、GMR素子 30の下層に位置する範囲の下部シールド層 10にはほとんど流れない。

【0047】

このような電流経路によれば、GMR素子 30が形成されている範囲の上層位置又は下層位置に、センス電流が集中することがない。すなわち、大面積非磁性金属膜 20、40とシールド層 10、50の界面における電流密度は小さくなり、シールド層 10、50の AMR効果が生じて、該 AMR効果によるノイズ（シールド層 10、50の抵抗変化）を小さく抑えられる。なお、下部シールド層 10から上部シールド層 50に向かってセンス電流を流す場合には、センス電流の流れる方向は逆向きであるが、同様の電流経路ができる。

【0048】

また、上述したように固定磁性層 33（第1固定磁性層 33c）の磁化方向を固定する反強磁性層 34は第1固定磁性層 33cよりもハイト方向奥側に形成されており、図4に示される電流経路中には反強磁性層 34が存在していない。一般に反強磁性層は、GMR素子 30や大面積非磁性金属膜 20、40に比して比抵抗が大幅に大きく、また、反強磁

性特性を得るために70～300 Å程度の厚い膜厚で形成されるため、電流が流れると大きなジュール熱を発生させる。よって、本実施形態のように電流経路中に反強磁性層が存在していなければ、センス電流を流しても反強磁性層が発熱しないので、ヘッドの温度が過度に上昇せず、信頼性を改善することができる。また、電流経路中に反強磁性層が存在していなければ、ヘッドの高周波特性も改善される。

【0049】

また本実施形態では、電流経路中に反強磁性層を設けないことにより、シールド間隔R-G Lを従来よりも小さくすることができ、さらに、下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40を従来よりも厚い膜厚t20、t40で形成できている。なお、従来では、図8に示すように固定磁性層133の直上に反強磁性層134が厚い膜厚で形成されていたため、シールド間隔R-G L'を大きくさせずに非磁性金属膜120を十分に厚くすることができなかった。

【0050】

以下では、図1に示すC P P-G M Rヘッド1の製造方法について説明する。

【0051】

先ず、下から順に下部シールド層10、下部大面積非磁性金属膜20、フリー磁性層31、非磁性材料層32、第2固定磁性層33a、非磁性中間層33b、及び第1固定磁性層33cを真空中でベタ膜上に連続成膜する。各層の材料及び膜厚は、図1に示された完成状態のC P P-G M Rヘッド1と同じである。

【0052】

次に、第1固定磁性層33cの上に、形成すべきG M R素子30の光学的な素子面積（トラック幅寸法Tw、高さ寸法h1）と同程度、あるいは該素子面積よりも若干小さい面積を覆うリフトオフ用のレジスト層を形成する。

【0053】

レジスト層を形成したら、レジスト層に覆われていない第1固定磁性層33c、非磁性中間層33b、第2固定磁性層33a、非磁性材料層32及びフリー磁性層31をイオンミリング等により除去する。この工程により、下部大面積非磁性金属膜20のトラック幅方向のほぼ中央部上に、フリー磁性層31から第1固定磁性層33cまでの各層で構成されるG M R素子30が略台形状となって残される。なお、G M R素子30の両側端面にはイオンミリングで除去された物質の一部が再付着するので、この再付着物を再度ミリングで除去することが好ましい。

【0054】

続いて、レジスト層を残した状態のまま、G M R素子30の両側端面にかけて、第1絶縁層61、バイアス下地層62、ハードバイアス層63及び第2絶縁層64を連続でスパッタ成膜する。上記各層の材料及び膜厚は、図1に示された完成状態のC P P-G M Rヘッド1と同じである。なお、スパッタ成膜時におけるスパッタ粒子角度は、下部大面積非磁性金属膜20に対してほぼ垂直方向とすることが好ましい。スパッタ成膜後は、レジスト層を除去する。

【0055】

レジスト層を除去したら、図2及び図3に示されるように、第1固定磁性層33cのハイト方向奥側に反強磁性層34を形成する。すなわち、第1固定磁性層33c及び第2絶縁層64の上に、反強磁性層形成エリアを空間とするレジスト層を形成し、このレジスト層に覆われていない第2絶縁層64を例えばイオンミリング等により除去し、除去部分に反強磁性層34を形成する。反強磁性層34の材料及び膜厚は、図3に示された完成状態のC P P-G M Rヘッド1と同じである。反強磁性層34の形成後は、レジスト層を除去する。

【0056】

続いて、G M R素子T1をハイト方向（図示Y方向）の磁場中でアニールし、反強磁性層34と第1固定磁性層33cの間にそれぞれ交換結合磁界を発生させる。このとき、アニール温度は例えば270℃程度であり、印加磁界の大きさは800 k A/m程度である

。この磁場中アニール処理により、第1固定磁性層33cの磁化方向はハイト方向に固定され、第2固定磁性層33aの磁化方向はハイト方向に対して反平行方向に固定される。

【0057】

アニール処理後は、図5に示すように、第1固定磁性層33c及び第2絶縁層64の上に上部大面積非磁性金属膜40をスパッタ成膜し、上部大面積非磁性金属膜40の上面にCMP加工又はイオンミリングを施す。このCMP加工又はイオンミリングにより、上部大面積非磁性金属膜40の上面が平坦化される。上部大面積非磁性金属膜40の材料及びCMP加工後の膜厚 t_{40} は、図1に示された完成状態のCPP-GMRヘッド1と同じである。

【0058】

そして、平坦化された上部大面積非磁性金属膜40の上に、上部シールド層50をスパッタ成膜する。上部シールド層50の材料及び膜厚は、図1に示す完成状態のCPP-GMRヘッド1と同じである。この上部シールド層50は、上部大面積非磁性金属膜40を成膜する際に、該上部大面積非磁性金属膜40と連続でスパッタ成膜してもよい。

【0059】

以上により、図1に示すCPP-GMRヘッド1が完成する。

【0060】

以上の本実施形態では、下部シールド層10の直上と上部シールド層50の直下に、フリー磁性層31又は固定磁性層33（第1固定磁性層33c）に直接接し、これらフリー磁性層31及び固定磁性層33よりも十分広い面積で形成された下部大面積非磁性金属膜20と上部大面積非磁性金属膜40がそれぞれ備えられているので、下部シールド層10及び上部シールド層50におけるセンス電流の集中を緩和することができ、下部シールド層10及び上部シールド層50のAMR効果によるノイズを低減可能である。

【0061】

また本実施形態では、下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40がシールド間隔R-GLの $(1/4)$ 以上の膜厚で形成されているので、センス電流は下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40を流れやすく、下部シールド層10及び上部シールド層50にはほとんど流れない。これにより、下部シールド層10及び上部シールド層50でAMR効果が生じても該AMR効果によるノイズは小さく抑えられる。

【0062】

さらに本実施形態では、第1固定磁性層33cよりもハイト方向奥側に反強磁性層34を設け、センス電流の流れる電流経路から反強磁性層34を隔離してあるので、GMR素子30にセンス電流を流しても反強磁性層34が発熱することがない。よって、図8のように電流経路中に反強磁性層が存在していた従来よりもGMR素子30の発熱が大幅に低減され、この結果、素子温度の上昇が抑制されて、信頼性が向上する。また記録媒体との対向面において、シールド間隔R-GLを図8に示す従来よりも狭くすることができ、GMR素子30の各層及び大面積非磁性金属膜20、40の膜厚の設計自由度も高くなる。

【0063】

本実施形態では、固定磁性層33よりもハイト方向奥側に、固定磁性層33の磁化方向を固定するための反強磁性層34を備え、この反強磁性層34と第1固定磁性層33cのハイト方向奥側端面との界面に生じる交換結合磁界により固定磁性層33の磁化方向を固定しているが、固定磁性層33の磁化方向を固定する態様は種々の変形が可能である。

【0064】

例えば、図6に示すように、第1固定磁性層33cを、非磁性中間層33b、第2固定磁性層33a、非磁性材料層32及びフリー磁性層31よりもトラック幅方向に十分に長く延ばし、GMR素子30のトラック幅寸法 T_w よりも第1固定磁性層33cのトラック幅寸法 T_w' を大きくする。そして、延長させた第1固定磁性層33cの両側端部に接する反強磁性層34を備える態様であってもよい。固定磁性層33がフェリ構造でない場合には、固定磁性層全体をトラック幅方向に十分に長く延ばし、その両側端部に接する反強磁

性層を備えればよい。

【0065】

また、反強磁性層を設けずに、磁歪定数が正の値をとる磁性材料又は保磁力の大きい磁性材料によって固定磁性層 33 を形成し、記録媒体との対向面側の端面を開放させた態様としてもよい。この場合には、固定磁性層 33 に対して二次元的に且つ等方的に加わっていた応力の対称性が崩れることから、固定磁性層 33 にはハイト方向に平行な方向に一軸性の引張り応力が加えられる。この逆磁歪効果により、固定磁性層 33 の磁化方向をハイト方向に平行な一軸方向で安定化させることができる。この態様では、記録媒体との対向面から見たヘッド構造は図 1 に示す実施形態と同じになり、第 1 固定磁性層 33c のハイト方向奥側には反強磁性層 34 の代わりに第 2 絶縁層 64 が形成される。

【0066】

また、図 7 に示すように、反強磁性層を設けず、固定磁性層 33 をフリー磁性層 31 及び非磁性材料層 32 よりもハイト方向奥側に長く延ばして形成し、固定磁性層 33 のトラック幅方向の寸法 T_w よりもハイト方向の寸法 h_2 ($T_w < h_2$ 、 $h_1 < h_2$) を長くする態様としてもよい。この態様によれば、固定磁性層 33 にハイト方向に形状異方性が生じ、この形状異方性によって第 1 固定磁性層 33c 及び第 2 固定磁性層 33a の磁化方向をハイト方向に平行な一軸方向に安定化させることができる。

【0067】

また本実施形態では、上部大面積非磁性金属膜 40 が GMR 素子 30 及び第 2 絶縁層 64 を覆って形成されていることから、上部大面積非磁性金属膜 40 に CMP 加工を施すことができ、平坦性を確保することができる。よって、上部シールド層 50 上に記録用のインダクティブヘッドを積層して形成する際にも平坦性が保障される。

【0068】

上記実施形態の CPP-GMR ヘッドは、再生用薄膜磁気ヘッドのみでなく、この再生用薄膜磁気ヘッド上にさらに記録用のインダクティブヘッドを積層した録再用薄膜磁気ヘッドにも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図 1】本発明の第 1 実施形態である CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド (CPP-GMR ヘッド) の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図 2】図 1 に示す GMR 素子を上から見て示す模式平面図である。

【図 3】図 1 に示す CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央 (III-III 線) で切断して示す部分断面図である。

【図 4】上部シールド層から下部シールド層に向かってセンス電流を流したときに生じる電流経路を示す概念図である。

【図 5】図 1 に示す CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一工程を示す縦断面図である。

【図 6】図 1 とは別の態様で反強磁性層を設けた CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を、記録媒体との対向面から見て示す縦断面図である。

【図 7】図 1 とは別の態様で固定磁性層の磁化方向を固定する CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を、(a) 素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図、(b) 記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、(c) 上から見て示す模式平面図である。

【図 8】従来の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を、記録媒体との対向面から見て示す縦断面図である。

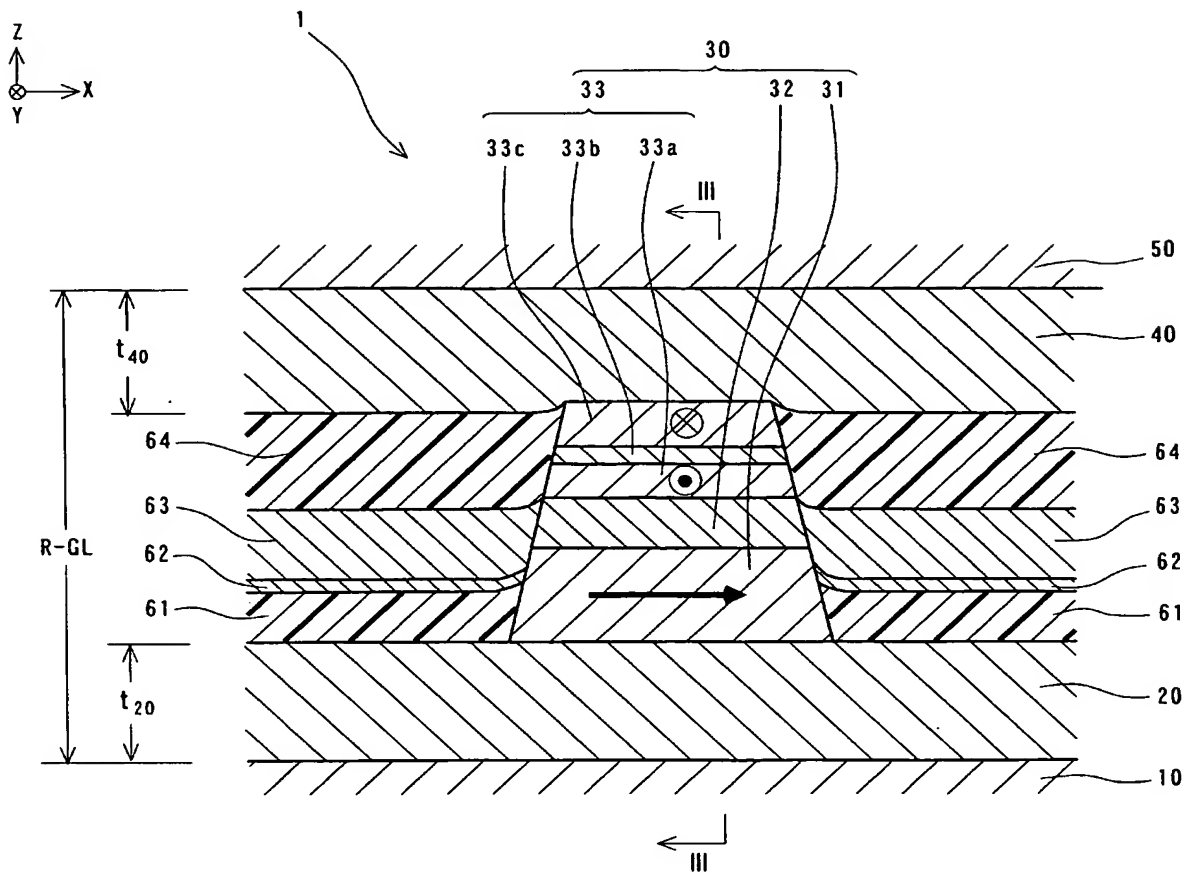
【符号の説明】

【0070】

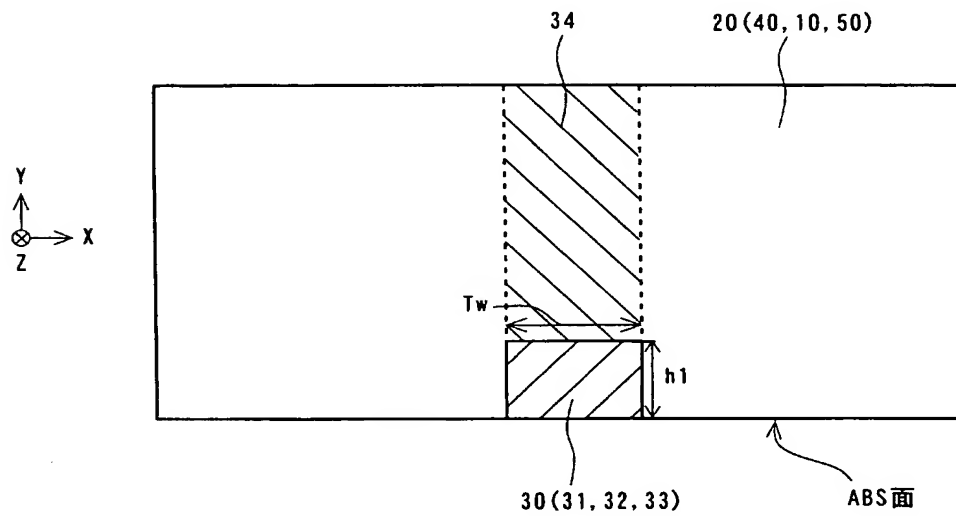
- 1 CPP-GMR ヘッド (CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド)
- 10 下部シールド層
- 20 下部大面積非磁性金属膜

- 3 0 GMR 素子 (巨大磁気抵抗効果素子)
- 3 1 フリー磁性層
- 3 2 非磁性材料層
- 3 3 固定磁性層
- 3 3 a 第 2 固定磁性層
- 3 3 b 非磁性中間層
- 3 3 c 第 1 固定磁性層
- 3 4 反強磁性層
- 4 0 上部大面積非磁性金属膜
- 5 0 上部シールド層
- 6 1 第 1 絶縁層
- 6 2 バイアス下地層
- 6 3 ハードバイアス層
- 6 4 第 2 絶縁層
- T w GMR 素子のトラック幅寸法
- T w' 第 1 固定磁性層のトラック幅寸法
- h 1 GMR 素子の高さ寸法
- h 2 固定磁性層の高さ寸法

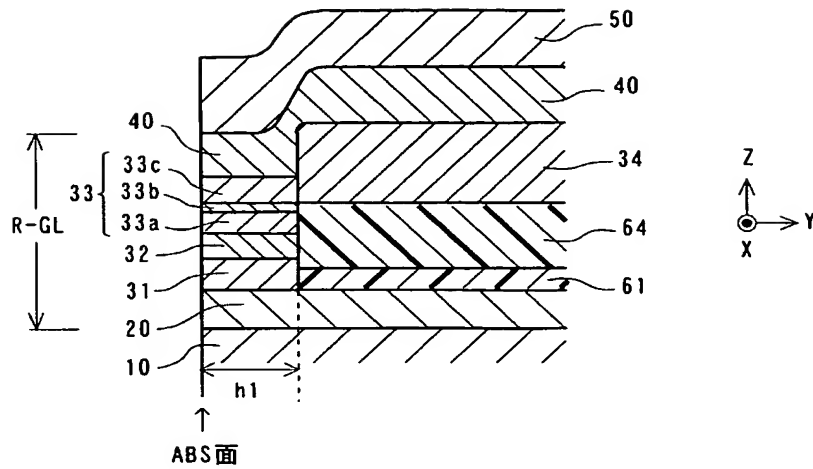
【書類名】 図面
【図 1】



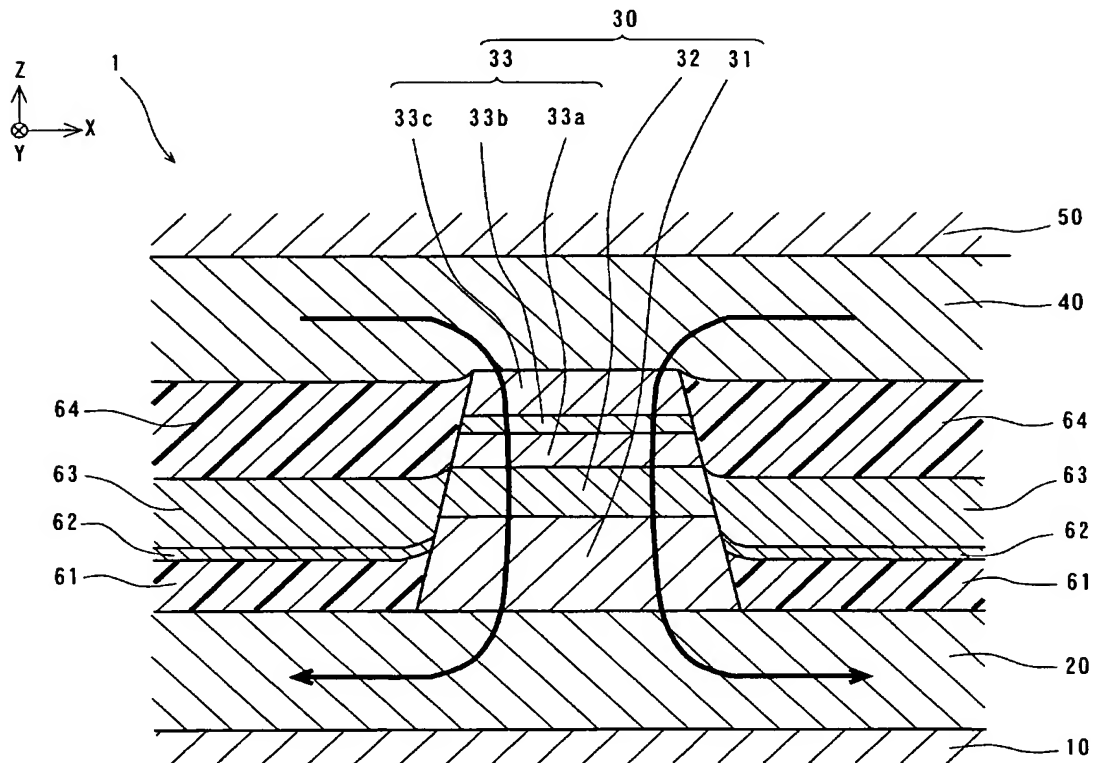
【図 2】



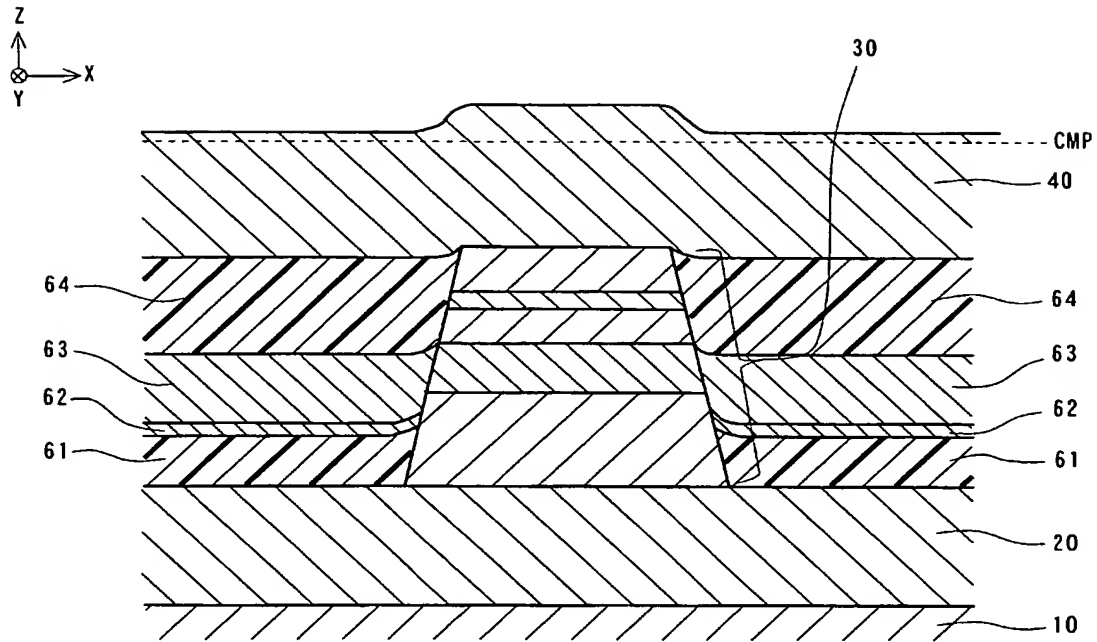
【図 3】



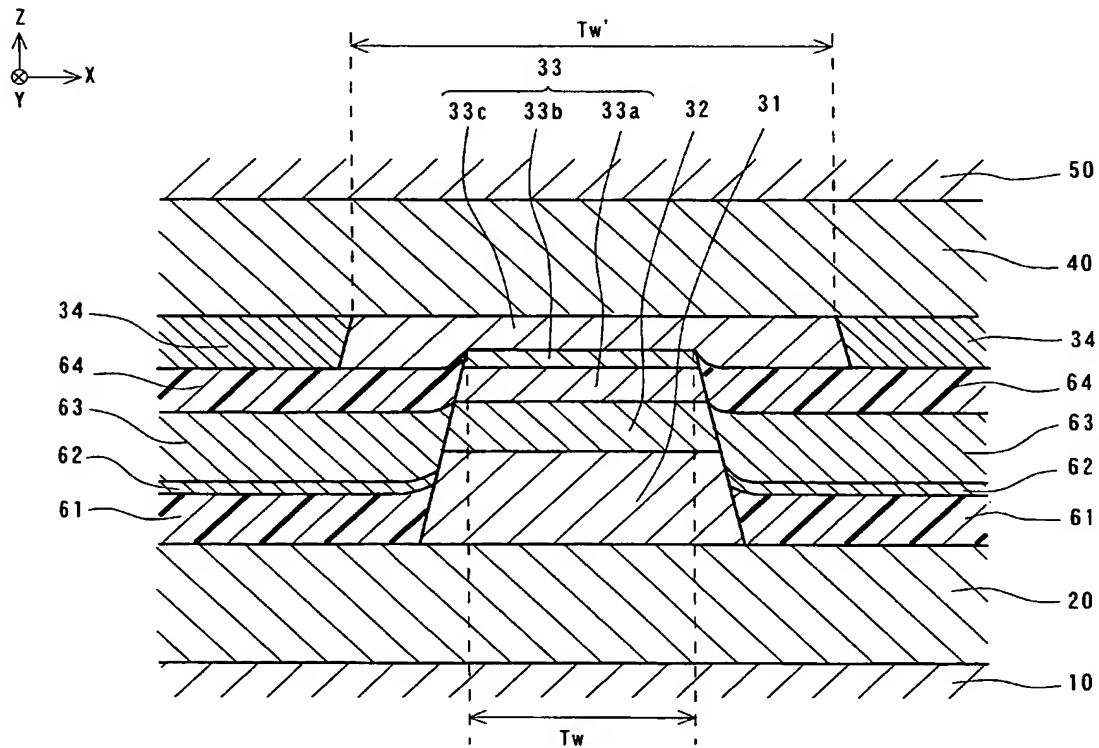
【図 4】



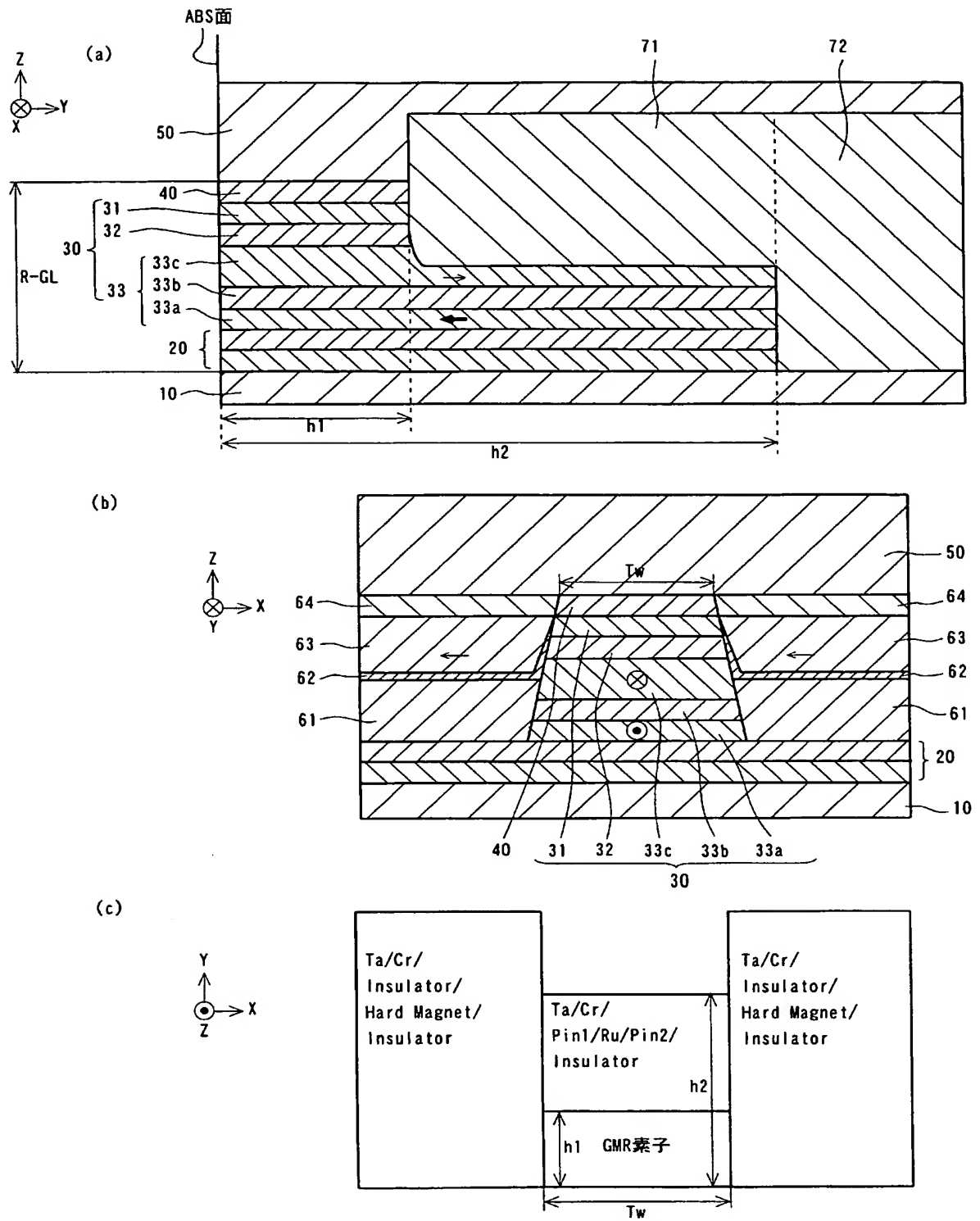
【図 5】



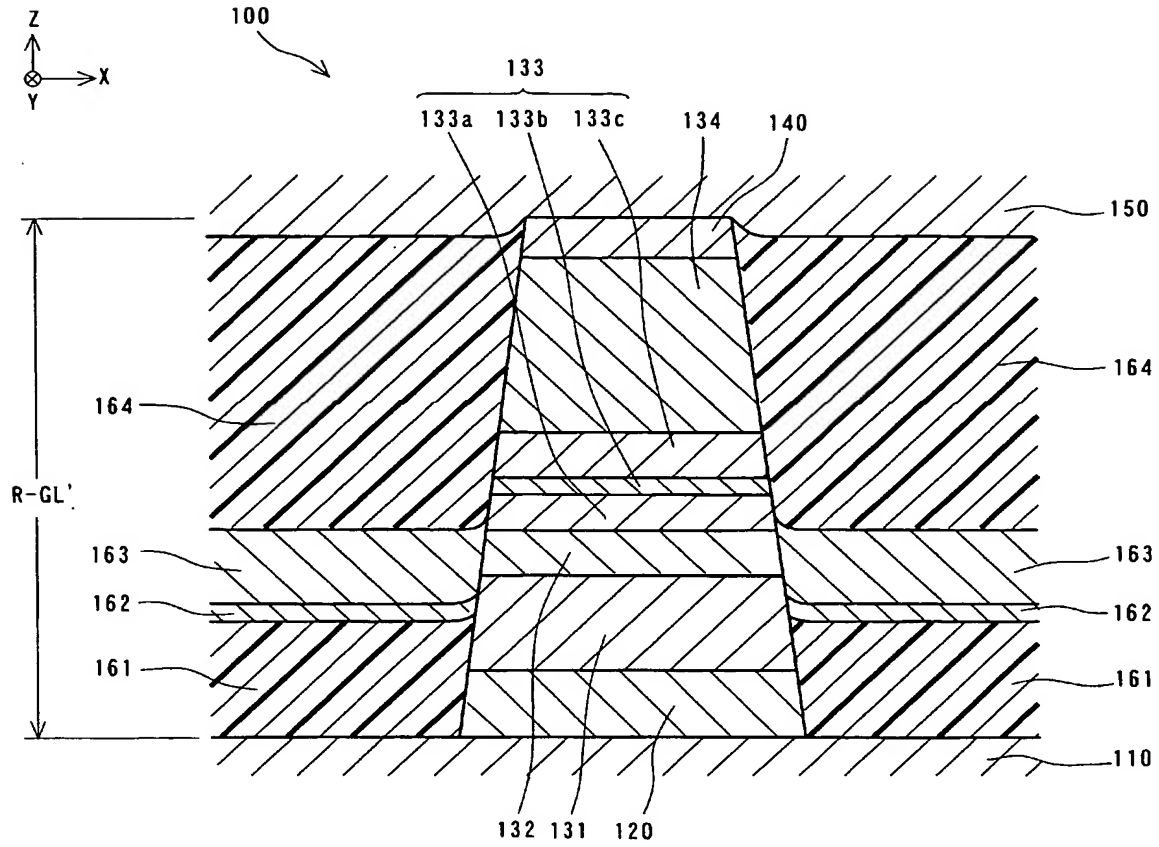
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 シールド層のAMR効果によるノイズとジュール熱を低減可能なC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドを得る。

【解決手段】 下部シールド層と上部シールド層と、該上下のシールド層間に挿入される、非磁性材料層を介して積層された固定磁性層とフリー磁性層を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備えたC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、下部シールド層の直上と上部シールド層の直下に夫々、固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方に直接接触する、固定磁性層及びフリー磁性層よりも大面積の大面積非磁性金属膜を設ける。さらに、固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を、巨大磁気抵抗効果素子よりもハイト方向奥側の位置に備える。あるいは、反強磁性層を備えず、固定磁性層のハイト方向の寸法をトラック幅方向の寸法よりも十分に長くして、形状異方性により固定磁性層の磁化方向を安定化させる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 0 4 7 7 5 8
受付番号	5 0 4 0 0 2 9 3 9 4 6
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 6 年 2 月 2 7 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成16年 2月24日

特願 2 0 0 4 - 0 4 7 7 5 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 1 0 0 9 8]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号
氏 名	アルプス電気株式会社